

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (uspro)



(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 43 27 491 A1

(51) Int. Cl. 6:

G 05 D 13/66

G 01 P 3/44

G 01 D 1/14

G 05 D 17/00

B 60 T 8/32

B 60 K 28/16

(21) Aktenzeichen: P 43 27 491.9
(22) Anmeldetag: 16. 8. 93
(23) Offenlegungstag: 23. 2. 95

(71) Anmelder:
Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,
DE

(72) Erfinder:
Baumann, Matthias, Dipl.-Ing. (FH), 71034 Böblingen,
DE

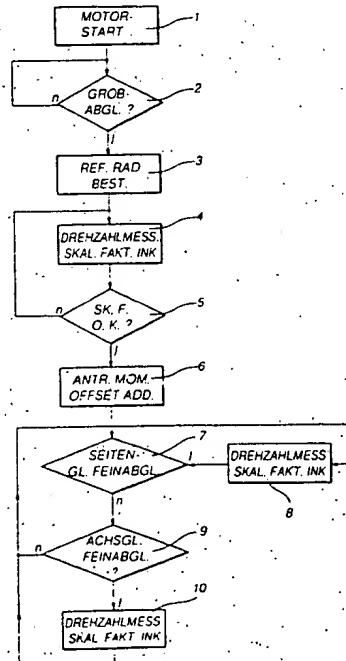
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zum Abgleichen der Raddrehzahlen für ein Kraftfahrzeug

(57) Zur Fahrerinformation und zur Regelungsfunktion für ein radschlupfgegeregelter Kraftfahrzeug ist es erforderlich, die Raddrehzahlen verhältnismäßig genau abzugleichen, um Unterschiede, die von verschiedenen Abrollradien der einzelnen Räder herrühren, zu eliminieren.

Das neue Verfahren sieht stufenweise einen schnellen Grobabgleich auf ein Referenzrad und einen anschließenden Feinabgleich paarweiser, entweder seiten- oder achsgleicher Räder vor. Dabei wird Kurvenfahrt vorzugsweise nicht wie üblich aus der Links-/Rechtsabweichung einer Achse erkannt, sondern durch den zeitlichen Verlauf der differenzierten Links-/Rechtsabweichung. Es realisiert einen sehr sensiblen und zuverlässigen Radabgleich.

Das Verfahren findet insbesondere für Kraftfahrzeuge mit radschlupfgegeregelten Systemen Verwendung.



DE 43 27 491 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12.94 408-068/79

8/33

DE 43 27 491 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Abgleich der Raddrehzahlen für ein Kraftfahrzeug, insbesondere mit einem Radschlupfregelsystem.

Insbesondere bei Kraftfahrzeugen mit Radschlupfrege-
gelsystemen ergibt sich die Notwendigkeit eines genau-
en Raddrehzahlabgleichs, um den Fahrer, z. B. über eine
Fahrerinformationslampe, zuverlässig über den System-
und Fahrzustand informieren zu können. Zweckmäßig
wird ein solcher Abgleich auch in Verbindung mit einge-
bauten Radschlupfregelsystemen, wie Anti-Blockier-Sy-
stemen (ABS) sowie Antriebs-Schlupf-Regelungen
(ASR), verwendet. Das drohende Blockieren oder
Durchdrehen eines Rades wird hierbei üblicherweise
dadurch erkannt, daß die zeitliche Änderung der gemes-
senen Drehzahl des betreffenden Rades nicht mehr innerhalb
eines vorgebbaren Normalbereiches liegt, d. h.
bei drohendem Blockieren und drohendem Durchdrehen
des Rades liegt die Radbeschleunigung jeweils
oberhalb eines einstellbaren Schwellwertes. Unter dem
Begriff "Beschleunigung" wird hierbei im folgenden so-
wohl eine eigentliche, positive Beschleunigung als auch
eine Verzögerung, d. h. negative Beschleunigung, ver-
standen. Um die Abweichung vom normalen, gewünsch-
ten Radschlupfverhalten möglichst früh und zuverlässig
erkennen zu können, müssen mit hoher Genauigkeit arbeitende Regelungssysteme die Tatsache berücksichtigen,
daß die Drehzahlen der Fahrzeugräder bereits bei
schlupffreier, rein rollender Geradeausfahrt nicht gleich
sind, z. B. aufgrund von Fertigungstoleranzen bei der
Reifenherstellung, unterschiedlichem Abnutzungsrat
der Reifen und ähnliches. So ergeben typische Raddreh-
zahldifferenzen im Prozentbereich bei einer Fahrtge-
schwindigkeit von ca. 100 km/h bereits eine Abwei-
chung der Radumfangsgeschwindigkeiten von ca. 1 km/
h, ein Wert, der bei heutigen Allrad- und Radschlupfre-
gelsystemen berücksichtigt werden muß. Hierzu dient
das Verfahren zum Abgleichen der Raddrehzahlen, mit
dem gemessene Raddrehzahlen unter Berücksichtigung
der unterschiedlichen Abrollumfänge der einzelnen Rä-
der, die zudem laufenden zeitlichen Veränderungen aus-
gesetzt sind, aufbereitet werden, bevor sie vom nachfol-
genden Steuerungssystem, z. B. Allradantrieb und/oder
Radschlupfregelsystem, ausgewertet werden.

Der Erfindung liegt als technischen Problem die Be-
reitstellung eines derartigen, zuverlässig und mit hoher
Genauigkeit arbeitenden Raddrehzahlabgleichverfah-
rens zugrunde.

Dieses Problem wird durch ein Raddrehzahlabgleich-
verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 1
gelöst. Es erfolgt zunächst, beispielsweise einmalig nach
einem Motorstart, ein schneller Grobabgleich auf ein
Referenzrad, sobald ein ausreichendes Maß an Gerade-
ausfahrt oberhalb einer bestimmten Mindestgeschwin-
digkeit und gleichzeitig ein ausreichend geringer Fahr-
zeugbeschleunigungswert (worunter, wie oben gesagt,
auch ein negativer Beschleunigungswert, d. h. ein Ver-
zögerungswert, zu verstehen ist) vorliegt. Daraufhin
wird ein Feinabgleich, der beispielsweise während einer
Fahrt regelmäßig wiederholt wird, der Räder durchge-
führt, und zwar jeweils für zwei Räder paarweise zwis-
chen zwei Rädern einer Fahrzeugseite oder zwei Räu-
dern einer Fahrzeugachse, je nach detektiertem Fahrzu-
stand. Der Feinabgleich zwischen achsgleichen Rädern
wird durchgeführt, wenn infolge eines größeren An-
triebsmomentes ein Abgleich der Hinterräder zu den
jeweiligen seitengleichen Vorderrädern nicht ausrei-

chend genau durchführbar ist. Die so ermittelten Dreh-
zahlskalierungsfaktoren erlauben die Bildung korrigier-
ter, einander angeglichener Raddrehzahlen durch Mul-
tiplikation der jeweils gemessenen Drehzahl mit dem
zugehörigen Skalierungsfaktor.

Eine Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 2
hat den Vorteil, daß durch die feste Vorgabe des Dreh-
zahlskalierungsfaktors für das Referenzrad ein allmähli-
ches Abdriften der Korrekturfaktoren in eine Richtung
bis zu einem Grenzwert vermieden wird.

Die variable Referenzradauswahl nach Anspruch 3
gewährleistet, daß jeweils auf ein Rad mit mittlerer
Drehzahl abgeglichen wird, was im Gegensatz zu star-
ren Systemen, die auf ein fest vorgegebenes Rad (z. B.
das nicht angetriebene linke oder rechte Rad) abglei-
chen, nicht die Gefahr in sich birgt, daß drei relativ
gleich drehende, "gute" Räder auf ein davon stark ab-
weichendes, "schlechtes" Rad (z. B. ein auf der Referenz-
radposition montiertes Notrad) abgeglichen werden.

Der schnelleichende Grobabgleich wird in Weiterbil-
dung der Erfindung nach Anspruch 4 gegebenenfalls
rekursiv durchgeführt und beendet, wenn die Abwei-
chung der momentan gültigen Skalierungsfaktoren zu
ihrem zeitweise ständig sich ändernden Sollwert sämt-
lich unterhalb eines vorgebbaren Grenzwertes bleiben.
Dieser Grenzwert wird einerseits gering genug, um be-
reits einen einigermaßen genauen Raddrehzahlabgleich
zu erzielen, andererseits jedoch ausreichend groß ge-
wählt, um den Grobabgleich in verhältnismäßig kurzer
Zeit beenden zu können. Die Anpassung der Skalie-
rungsfaktoren muß stetig erfolgen und darf maximale
vorgebbare Änderungsbeträge pro vorgebbarer Zeit-
einheit nicht überschreiten. Andernfalls werden die in
einem Radschlupfregelsystem verwendeten korrigier-
ten Raddrehzahlen durch die von einem Programmzy-
klus auf den anderen gültigen neuen Skalierungsfakto-
ren derart beeinflußt, daß die aus den korrigierten Rad-
drehzahlen ermittelten Regelgrößen bestimmte Regel-
schwellen überschreiten.

Bevorzugt wird nach Anspruch 5 am Schluß des
schnellen Grobabgleichs ein Offsetbetrag für die Hin-
terradskalierungsfaktoren aufaddiert, der einen mögli-
cherweise während des Grobabgleichs bei einem größe-
ren Antriebsmoment vorhandenen Hinterrad-Antriebs-
schlupf berücksichtigt.

Der Feinabgleich wird ebenfalls, wie nach Anspruch 6
vorgesehen, rekursiv sowie kontinuierlich bei laufender
Fahrt durchgeführt, sofern die entsprechenden Fahrbe-
dingungen vorliegen.

Bei der, vorzugsweise rekursiven, Anpassung der
Skalierungsfaktoren an jeweils neu gemessene Rad-
drehzahlen wird in einer Weiterbildung der Erfindung
nach Anspruch 7 dergestalt vorgegangen, daß die Ab-
weichungen neu berechneter von den bisherigen Skalie-
rungsfaktoren ermittelt und die bisherigen Skalierungsfak-
toren in Abhängigkeit von diesen Differenzen
schrittweise an die neu berechneten Werte herange-
führt werden, was kurzzeitige Schwankungen der Skalie-
rungsfaktoren, z. B. wegen Fahrbahnneinflüssen, ver-
hindert. Hierbei ergeben sich die neu berechneten Skalie-
rungsfaktorwerte jeweils aus dem Quotient der ge-
messenen Drehzahlen der beiden Räder, die gerade auf-
einander abgeglichen werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird nach
Anspruch 8 für den Feinabgleich im Normalfall ein Ab-
gleich der Hinterräder zu ihren seitengleichen Vorder-
räder durchgeführt, wenn insbesondere kein zu großes
Antriebsmoment wirksam ist. Wenn letzteres der Fall

ist, kann nach einer Weiterbildung gemäß Anspruch 9 verfahren werden, wobei dann die Räder jeder Achse paarweise aufeinander abgeglichen werden, da ein größeres Antriebsmoment zu einem fehlerhaften Raddrehzahlabgleich zwischen seitengleichen Rädern führen würde.

Die Weiterbildung der Erfahrung nach Anspruch 10 sieht vor, zur Erkennung ausreichend geringer Kurvenfahrt, bei der es sich insbesondere um völlig kurvenfreie Geradeausfahrt handeln kann, nicht wie üblich nur die Links/Rechts-Abweichung selbst, sondern die aus deren zeitlichem Verlauf gewonnene zeitlich differenzierte Links/Rechts-Abweichung heranzuziehen. Dies verhindert eine Fehlerkennung aufgrund einer stationären Radumfangsdifferenz der beiden Räder, z. B. aufgrund der Montage falscher Räder, und erlaubt durch das Ausschließen dieser möglichen Fehlerquelle die Wahl eines vergleichsweise kleinen Grenzwertes, d. h. die Erkennung eines hohen Maßes an Geradeausfahrt.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfahrung ist in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend beschrieben.

Die einzige Figur zeigt ein Flußdiagramm eines Raddrehzahlabgleichverfahrens für ein Kraftfahrzeug mit einem Radschlupfregelsystem.

Das durch den Programmablaufplan der Figur schematisch dargestellte Raddrehzahlabgleichverfahren wird für ein Kraftfahrzeug mit einem Radschlupfregelsystem verwendet, bei dem sich die Notwendigkeit eines sensiblen Radabgleichs zur Ansteuerung einer Fahrerinformationslampe ergibt, die den Fahrer über den gegenwärtigen Fahrzustand informiert.

Das Verfahren beginnt nach einem Motorstart (Schritt 1) mit einer einmalig durchgeföhrten Schnelleitung zum Grobabgleich der Raddrehzahlen. Damit werden stark vom Normabrollradius abweichende Reifenabrollradien, wie z. B. bei Verwendung eines Notrades oder bei Montage eines Reifens mit falscher Reifengröße, korrigiert. Einleitend wird abgefragt, ob die für einen Grobabgleich gesetzten Bedingungen erfüllt sind (Schritt 2), wobei folgende Bedingungen überwacht werden: Nichtvorliegen eines Bremsvorgangs, erkannt aus der Überwachung des Bremslichtkontakte; Überschreiten einer Mindestgeschwindigkeit von 45 km/h; Vorliegen eines ausreichenden Maßes an Geradeausfahrt, erkannt durch Grenzwertunterschreitung differenzierter Links/Rechts-Abweichungssignale gemessener Raddrehzahlen über einen ausreichend langen Zeitraum, z. B. 4,5 s; Grenzwertunterschreitung der Fahrzeugsbeschleunigung, z. B. unterhalb 0,5 m/s², erkannt mittels Erfassung der mittleren Hinterachs-Radbeschleunigung.

Ist eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, so wird erneut abgefragt. Die obigen Grobabgleichbedingungen gewährleisten, daß das Befahren von μ -Split-Fahrbahnen oder Aquaplaningstellen erkannt und die Schnelleitung zum Grobabgleich angehalten wird. Ist schließlich ein sämtliche Grobabgleichbedingungen erfüllender Fahrzustand erreicht, so wird zunächst ein Referenzrad bestimmt, auf das abgeglichen wird (Schritt 3). Hierzu werden die vier Raddrehzahlen gemessen und deren arithmetisches Mittel gebildet. Das Rad mit der Drehzahl, die die geringste Abweichung von diesem Mittelwert aufweist, wird als Referenzrad ausgewählt. Wie oben erwähnt, vermeidet diese variable Referenzradauswahl das Abgleichen auf ein ungünstiges Rad. Der Grobabgleich wird auch bei aktiviertem Systemeingriff, z. B. Bremseneingriff bei ASR oder GDB, Motor-

momenteneingriff bei ASR, Zentralsperrenansteuerung bei Allradantrieb etc., durchgeführt. Der schnelle Grobabgleich auf ein ausgewähltes Referenzrad ist sinnvoll, da der Antriebsmomenteneinfluß auf den dynamischen Reifenabrollumfang im betrachteten Bereich geringer ist als der Einfluß von Misch- und Extrembereifung.

Daraufhin wird zum nächsten Schritt übergegangen (Schritt 4), in dem die eigentliche Skalierungsfaktorbestimmung im Rahmen des schnellen Grobabgleichs durchgeführt wird. Hierfür werden zunächst Ausgangswerte für die Skalierungsfaktoren vorgegeben. Das Referenzrad wird hierbei auf einen gleichbleibenden, fest vorgegebenen Skalierungsfaktor-Ausgangswert gesetzt, so daß eine konstante Orientierung aller Raddrehzahlen an einen Festwert gegeben ist, um, wie oben erwähnt, ein allmäßliches Abdriften der Korrekturfaktoren zu verhindern. Dies bewirkt, daß die Skalierungsfaktoren nicht durch mehrfaches, ungünstiges Hin- und Herwechseln von ungünstigen Reifen bis an vorgegebene Minimal- oder Maximalwerte hochgeschaukelt werden. Die restlichen drei anfänglichen Skalierungsfaktoren werden möglichst von einem vorigen Raddrehzahlabgleich übernommen, damit der neuere Grobabgleich möglichst rasch abgeschlossen wird. Zu diesem Zweck werden die vier momentanen Skalierungsfaktoren jeweils nach einem Motorstop abgespeichert. Sind die vormaligen Werte nicht vorhanden, können alternativ alle Skalierungsfaktoren anfänglich auf denselben Anfangswert gesetzt werden.

Nach Vorgabe der anfänglichen Skalierungsfaktoren werden nun die Raddrehzahlen erfaßt und nach geeigneter Filterung zur gemessenen Raddrehzahl gehörige Skalierungsfaktoren bezogen auf das Referenzrad ermittelt, die sich aus dem Quotient der Referenzraddrehzahl zur Drehzahl des betrachteten Rades ergeben. Nach Filterung dieser ermittelten Skalierungsfaktoren wird für jedes Rad die Differenz zwischen dem noch gültigen Skalierungsfaktor und dem ermittelten Skalierungsfaktor gebildet und diese Differenz ebenfalls einer Filterung unterzogen. Anschließend wird der neue Skalierungsfaktor durch inkrementale Erhöhung oder Erniedrigung des noch gültigen, bisherigen Skalierungsfaktors für jedes Rad gebildet, wobei sich die Richtung der stufenweisen Werteveränderung aus dem Vorzeichen der ermittelten Skalierungsfaktordifferenz ergibt. Zur Erhöhung der Eichgeschwindigkeit wird hierbei statt einer Erhöhung um 1 gegebenenfalls ein höheres Inkrement gewählt, das betragsmäßig auf einen Bruchteil der ermittelten Differenz gesetzt wird, so daß die Eichgeschwindigkeit mit größerer momentaner Abweichung ansteigt und sich nach mehreren Programmzyklen mit zunehmender Annäherung an den Sollwert verringert. In einem typischen Anwendungsfall, bei dem der fest vorgegebene Skalierungsfaktor auf den Wert 10000 gesetzt wird, wird als höheres Inkrement beispielsweise die einem Fünfundzwanzigsteil der ermittelten Differenz nächst kommende ganze Zahl gewählt.

Das gegebenenfalls rekursive Verhalten wird durch eine anschließende Abfrage (Schritt 5) erzeugt, in der für jedes Rad festgestellt wird, ob die ermittelte Differenz zwischen dem durch die Raddrehzahl ermittelten und dem bisher vorliegenden Skalierungsfaktor betragsmäßig einen vorgegebenen Maximalwert, der z. B. 0,1% Abweichung zur fest vorgegebenen anfänglichen Referenzraddrehzahl beträgt, nicht überschreitet. Tritt eine Überschreitung für wenigstens ein Rad ein, wird vor den Schritt 4 zurückgekehrt, wonach eine erneute Raddrehzahlmessung und anschließend eine neuere

Das gegebenenfalls rekursive Verhalten wird durch eine anschließende Abfrage (Schritt 5) erzeugt, in der für jedes Rad festgestellt wird, ob die ermittelte Differenz zwischen dem durch die Raddrehzahl ermittelten und dem bisher vorliegenden Skalierungsfaktor betragsmäßig einen vorgegebenen Maximalwert, der z. B. 0,1% Abweichung zur fest vorgegebenen anfänglichen Referenzraddrehzahl beträgt, nicht überschreitet. Tritt eine Überschreitung für wenigstens ein Rad ein, wird vor den Schritt 4 zurückgekehrt, wonach eine erneute Raddrehzahlmessung und anschließend eine neuere

inkrementale Skalierungsfaktorveränderung vorgenommen wird.

Liegen alle ermittelten Differenzen unterhalb der vorgegebenen Schranke, so wird der schnelle Grobabgleich beendet. Damit ein eventuell vorhandener Antriebschlupf der Hinterräder am Ende der schnellen Grobeichung nicht mit "weggeeicht" wird, wird anschließend zu den beiden Hinterradskalierungsfaktoren ein motormomentenabhängiger Offsetwert addiert, z. B. werden die Skalierungsfaktoren um 0,4% angehoben, wenn das Antriebsmoment +1000 Nm beträgt, sowie um 0,2% vermindert, wenn das Antriebsmoment -500 Nm beträgt (Schritt 6).

Nach dieser einmaligen Maßnahme eines Grobabgleichs nach einem Motorstart finden anschließend eine Abfrage statt (Schritt 7), ob die Bedingungen für einen Feinabgleich der Hinterräder zu den seitengleichen Vorderrädern gegeben sind. Vorausgesetzt werden hierzu: nahezu antriebsmomentenfreie Fahrt bei einer Geschwindigkeit über 45 km/h (damit keine Vorderachs/Hinterachs-Ackermann-Korrektur bei Kurvenfahrt mehr erforderlich); nicht zu starke Kurvenfahrt, z. B. Lenkwinkel kleiner 50°; keine Bremsenbetätigung, erkannt über Bremslichtkontakt; keine zu hohe Fahrzeugbeschleunigung oder instationäre Kurvenfahrt des Fahrzeugs.

Wird in diesem Abfrageschritt das Einhalten sämtlicher obiger Bedingungen erkannt, so wird mit der eigentlichen Feinabgleichermitzung der Skalierungsfaktoren (Schritt 8) begonnen. Hierzu werden zunächst die Hinterraddrehzahlen erneut gemessen, die erhaltenen Werte gefiltert und daraus Skalierungsfaktoren für die Hinterräder ermittelt, die sich aus dem Quotienten aus der korrigierten Drehzahl des seitengleichen Vorderrades zur gemessenen Drehzahl des Hinterrades ergeben. Nach Filterung dieser ermittelten Hinterrad-Skalierungsfaktoren wird wiederum die Differenz zwischen den bislang vorliegenden und den frisch ermittelten Hinterrad-Skalierungsfaktoren gebildet und einer Filtrierung unterzogen. Daraufhin findet eine feine inkrementale Erhöhung des bisherigen, noch gültigen jeweiligen Hinterrad-Skalierungsfaktors in der durch das Vorzeichen der ermittelten Differenz vorgegebenen Richtung statt.

Die Feinheit dieses Abgleichs gegenüber dem oben beschriebenen Grobabgleich lässt sich an einem Beispiel erkennen, in dem bei der Grobeichung eine Schritterhöhung um wenigstens eine Einheit pro 10 Programmzyklen $\Delta 15 \text{ ms}$ stattfindet, während beim Feinabgleich in diesem Fall um eine Einheit pro 100 Programmzyklen $\Delta 15 \text{ ms}$ angeglichen wird. In einem typischen Beispiel kann bei dieser Feineichung bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 50 km/h das abzugleichende Rad in einer Minute um 0,2 km/h korrigiert werden (d. h. um 0,4%/min). Nach der Inkrementierung der Hinterradskalierungsfaktoren, die wie gesagt in Richtung größerer oder – als eigentliche Dekrementierung – kleinerer Skalierungsfaktorwerte erfolgen kann, werden mit diesen neuen gültigen Hinterrad-Skalierungsfaktoren korrigierte Hinterraddrehzahlen gebildet, und zwar jeweils als Produkt der gemessenen Hinterraddrehzahl mit dem neuen gültigen Skalierungsfaktor des betreffenden Hinterrades. Nach Filterung dieser Werte liegen für die Hinterräder die auf die seitengleichen Vorderräder fein abgeglichenen, korrigierten Hinterraddrehzahlen vor. Daraufhin wird vor den Feinabgleich-Abfrageschritt zurückgegangen, um einen neuverlichen Feinabgleich einzuleiten und auf diese Weise kontinuierlich

abgeglichene Raddrehzahlen vorliegen zu haben. Alternativ kann der Feinabgleich auch erst in größeren Zeitabständen wiederholt werden.

Wird im Abfrageschritt für einen seitengleichen Feinabgleich festgestellt, daß eine der Bedingungen nicht eingehalten wird, so wird in einem nächsten Schritt abgefragt, ob ein Feinabgleich der achsgleichen Räder untereinander, also des linken vorderen zum rechten vorderen und des linken hinteren zum rechten hinteren Rad möglich ist (Schritt 9). Ein derartiger Feinabgleich ist im Gegensatz zum seitengleichen Feinabgleich auch bei Vorliegen eines größeren Antriebs- und damit Hinterachstellerradmoments möglich. Die weiteren Bedingungen entsprechen im wesentlichen denen für den seitengleichen Feinabgleich, wobei allerdings nur ein geringeres Maß an Kurvenfahrt zugelassen wird. Hierbei wird anfänglich ein Lenkwinkel von 20° zugelassen, der nach mehrmaligem Überschreiten der Skalierungsfaktoren sukzessive bis auf 3° verringert wird.

Wird eine der abgefragten Bedingungen nicht eingehalten, so kehrt das Verfahren zur Stufe vor der Abfrage für den seitengleichen Feinabgleich zurück. Wird das Einhalten der Bedingungen erkannt, so wird der eigentliche Feinabgleich des vorderen linken zum vorderen rechten und zeitgleich des hinteren linken zum hinteren rechten Rad durchgeführt (Schritt 10). Hierzu werden einleitend die Drehzahlen der beiden linken Räder gemessen, die erhaltenen Werte gefiltert und aus diesen Werten zugehörige Skalierungsfaktoren für diese Räder mittels des Quotienten der korrigierten Drehzahl des zugehörigen rechten Rades zu der gemessenen Drehzahl des linken Rades ermittelt. Nach Filterung der neuen Skalierungsfaktoren für die linken Räder werden wiederum in der oben beschriebenen Weise die Differenzen zwischen bisher vorliegenden und den ermittelten Skalierungsfaktoren für die linken Räder berechnet und diese Differenzwerte gefiltert.

Anschließend werden die Skalierungsfaktoren sämtlicher Räder in der jeweils durch die ermittelten Abweichungsunterschieden vorgegebenen Richtung inkremental erhöht bzw. erniedrigt und mit diesen neuen, nunmehr gültigen Skalierungsfaktoren die korrigierten Raddrehzahlen neu bestimmt als Produkt aus den bisherigen Raddrehzahlen mit den neuen Skalierungsfaktoren. Im Unterschied zum seitengleichen Feinabgleich werden also beim achsgleichen Feinabgleich die Skalierungsfaktoren beider abzugleichender Räder inkremental aufeinander zubewegt, was bei gleichem Inkrement eine höhere Eichgeschwindigkeit von beispielsweise 0,8%/min ergibt, d. h. in einer Minute kann bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 100 km/h eine Vorder- oder Hinterachs-Links-Rechts-Abweichung um 0,8 km/h korrigiert werden.

Nach Beendigung des achsgleichen Feinabgleichs wird zur Stufe vor der Abfrage für seitengleichen Feinabgleich zurückgekehrt, wodurch das Verfahrensprogramm in sich geschlossen wird. Nicht explizit dargestellt ist, daß bei einem späteren Motorstopp, wie bereits oben erwähnt, die vorliegenden Raddrehzahlskalierungsfaktoren abgespeichert werden, um als Anfangswerte für einen Grobabgleich nach einem späteren erneuten Motorstart zu dienen. Es versteht sich außerdem, daß geeignete Sicherheitsschwellen in das Verfahrensprogramm integriert sind, z. B. Minimal- und Maximalwerte für die Skalierungsfaktoren, um eventuelle Meß- und Berechnungsfehler abzufangen.

Das vorliegende Verfahren erlaubt einen schnellen und präzisen Raddrehzahlabgleich. Ein Programmzy-

klus mit Erfassung Meßwerte, Filterung und Berechnung der Größen dauert 15 ms oder kürzer. Das Antriebs-, d. h. Hinterachstellerradmoment, wird bei Fahrzeugen mit Automatikgetrieben über das Turbinenmoment bestimmt, wozu, falls vorhanden, direkt das Motormoment erfaßt wird oder das Turbinenmoment aus Drosselklappenwinkel, Motordrehzahl und Wandlerkennfeld berechnet wird. Der Lenkradwinkel wird aus der Links/Rechts-Abweichung der Vorderräder und der Fahrzeug-Referenzgeschwindigkeit ermittelt, wozu die Vorderraddrehzahlen entsprechend aufbereitet werden.

Mit dem beschriebenen Algorithmus wird eine Raddrehzahlabgleichgenauigkeit von höchstens 0,1% Abweichung aller vier durch die Drehzahlskalierungsfaktoren korrigierten Raddrehzahlen untereinander bei schlupffreiem Rollen erzielt. Das Raddrehzahlabgleichverfahren kann mit geringfügigen Modifikationen bei Fahrzeugen mit unterschiedlichen Reifenschlupfregelsystemen, wie ABS, ASR, SMR und GDB, verwendet werden.

20

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abgleichen von Raddrehzahlen für ein Kraftfahrzeug, insbesondere mit einem Radschlupfregelsystem, dadurch gekennzeichnet, daß für die Räder Drehzahlskalierungsfaktoren zum Bilden einander angeglichen korrigierter Raddrehzahlen in folgenden Schritten bestimmt werden:

- a) grobstufige Skalierungsfaktorbestimmung mittels Durchführen eines schnellen Grobabgleichs auf ein Referenzrad, wenn fehlende oder höchstens geringe Kurvenfahrt, das Überschreiten einer Mindestgeschwindigkeit und eine höchstens geringe Fahrzeugbeschleunigung erkannt sind, und
- b) anschließend feinstufige Skalierungsfaktorbestimmung mittels Durchführen eines Feinabgleichs entweder jedes Rades einer Achse zum jeweils seitengleichen Rad der anderen Achse, wenn ein höchstens geringes Antriebsmoment und das Überschreiten einer Mindestgeschwindigkeit erkannt sind, oder jedes Rades einer Seite zum jeweils achsgleichen, gegenüberliegenden Rad, wenn ein größeres Antriebsmoment, eine höchstens mäßige Kurvenfahrt und das Überschreiten einer Mindestgeschwindigkeit erkannt sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Durchführung des Schrittes a) zunächst

- a.1) ein Rad als Referenzrad ausgewählt und dessen Drehzahlskalierungsfaktor auf einen fest vorgegebenen Wert gesetzt wird sowie anschließend
- a.2) gegebenenfalls wiederholt die Drehzahlen aller Räder gemessen und in Abhängigkeit vom Quotienten der gemessenen Drehzahl jedes Rades zu der des Referenzrades aus den bisherigen Drehzahlskalierungsfaktoren neue Drehzahlskalierungsfaktoren und daraus grob korrigierte Drehzahlen für alle Räder ermittelt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Schritt a.1) die Drehzahlen aller Räder einmalig gemessen werden und dasjenige Rad als Referenzrad ausgewählt wird, das die ge-

ringste Drehzahlabweichung vom arithmetischen Mittelwert aller gemessenen Drehzahlen aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt a.2) so oft wiederholt wird, bis sämtliche Abweichungen der neu bestimmten von den bisherigen Drehzahlskalierungsfaktoren einen vorgegebenen Grenzwert unterschreiten.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß am Ende der schnellen Grobabweichung ein antriebsmomentabhängiger Offsetbetrag zu den neu ermittelten Drehzahlskalierungsfaktoren für die Hinterräder addiert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Schritt b) zum Feinabgleich eines Rades zu einem anderen gegebenenfalls wiederholt die Drehzahl des einen Rades gemessen und in Abhängigkeit vom Quotienten dieser im Feinabgleich gemessenen Drehzahl zu der im Grobabgleich ermittelten Drehzahl des anderen Rades aus den bisherigen Drehzahlskalierungsfaktoren und daraus fein korrigierte Drehzahlen für die beiden Räder ermittelt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung der neuen Drehzahlskalierungsfaktoren die bisherigen Drehzahlskalierungsfaktoren inkremental in Richtung zu Skalierungsfaktorwerten hin erhöht werden, die sich aus den Quotienten der gemessenen Raddrehzahlen der beiden jeweils betrachteten Räder ergeben.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß im ersten Fall des Schrittes b) die Hinterräder zu den seitengleichen Vorderrädern fein abgeglichen werden, wobei die aus dem Grobabgleich ermittelten Drehzahlskalierungsfaktoren der Vorderräder konstant gehalten und die Drehzahlskalierungsfaktoren der Hinterräder neu ermittelt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet daß im zweiten Fall des Schrittes b) bei dem Feinabgleich der Drehzahlen achsgleicher Räder jeweils für beide Räder neue Drehzahlskalierungsfaktoren aus den bisherigen durch jeweilige inkrementale Veränderung der beiden bisherigen Drehzahlskalierungsfaktoren aufeinanderzu ermittelt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erkennung des Maßes an Kurvenfahrt die Drehzahlen des linken und des rechten Rades einer Achse zeitabhängig erfaßt, die jeweilige Links/Rechts-Abweichung ermittelt und deren Zeitabhängigkeit differenziert wird, wobei auf fehlende oder höchstens geringe Kurvenfahrt geschlossen wird, wenn die differenzierte Links/Rechts-Abweichung einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

